

Le sifflet à tourbillon

Nicolas Constans et François Graner

Personnalité du monde littéraire américain, le romancier fantastique Kurt Vonnegut, mort l'an dernier, avait un frère aîné scientifique, Bernard. Celui-ci, en marge d'autres activités – il était spécialiste de l'ensemencement artificiel des nuages, pour essayer d'y produire de la pluie –, avait découvert un type particulier de sifflet [1]. À l'inverse des modèles les plus courants, où, comme pour les flûtes à bec, de l'air est projeté sur un biseau, celui-ci repose sur un principe différent.

Coupez en deux un tube mince transparent – par exemple une cartouche d'encre vide. Puis prenez un flacon cylindrique en plastique souple, également transparent. Percez un trou à la base de sa paroi verticale et un autre au centre du bouchon. Emmanchez les deux moitiés de tube chacune dans un trou et fermez le bouchon. Soufflez dans le tube du bas. Puis poussez sur la partie extérieure du tube, de façon à plaquer celle qui est à l'intérieur contre la paroi verticale du flacon : il faut que le tube reste à peu près parallèle au fond. Soufflez à nouveau : qu'entendez-vous ?

Si le tube d'entrée est plaqué contre la paroi, un sifflement est émis par le tube du haut. En outre, plus on souffle fort, plus le son est aigu, alors qu'un sifflet classique n'émet qu'une seule note, invariable. Ici, d'où vient le son? **Mettez une petite perle ou une boule dans le flacon et rebouchez-le. Soufflez dans le tube du bas, toujours maintenu dans la même position, contre la paroi et le fond. Qu'observez-vous?**

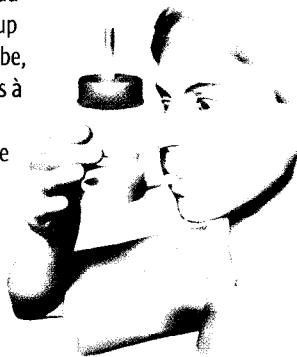
La bille tourne très vite à l'intérieur du flacon. En effet, quand le tube est plaqué contre la paroi du flacon, l'air que l'on souffle est contraint de longer celle-ci. Il monte vers le haut

du flacon tout en tournant, autrement dit il forme un tourbillon. Ce tourbillon arrive jusqu'au tube du haut, dont le diamètre est beaucoup plus petit que le flacon. Dans ce tube, l'air met beaucoup moins de temps à accomplir un tour : le tourbillon devient beaucoup plus petit et tourne beaucoup plus vite. Mais comment cela génère-t-il un son? Pour le savoir, il faut l'essayer... sous l'eau.

En effet, comme l'avait montré B. Vonnegut, ce sifflet peut fonctionner sous l'eau, même si le son produit est en général peu audible. **Dans un lavabo rempli d'eau, plongez le flacon et chassez-en l'air. Faites couler l'eau du robinet assez fort, et placez l'orifice du tube du bas à l'arrivée du jet à la surface de l'eau, le flacon restant immergé. Observez les bulles – causées par les remous du jet – qui passent à travers le flacon. Quel est leur trajet?**

Les bulles forment une ligne qui se positionne sur l'axe du flacon. Les bulles arrivées dans le tube du haut, cette ligne commence à s'évaser. Pourquoi? Si les bulles se placent sur l'axe du flacon, c'est parce que le jet d'eau qui arrive du robinet crée un tourbillon, exactement comme lorsqu'on souffle de l'air. Les bulles se positionnent là où la pression est minimale, qui dans les tourbillons est sur leur axe, comme dans l'œil d'un cyclone. Mais pourquoi la ligne de bulles s'évase-t-elle?

Arrivé à la sortie du tube du haut, le tourbillon n'est plus maintenu par les parois. Que lui arrive-t-il? Des études de laboratoire ont montré qu'il devenait instable et se mettait à tourner autour de l'axe du flacon, un peu comme un lasso [2]. C'est ce mouvement qui fait s'évaser la ligne de bulles. Quand le tourbillon traverse l'air



extérieur, qui est à peu près immobile, il le perturbe. Cette perturbation, un peu comme le rond causé par un caillou dans l'eau, s'éloigne du point où elle a été créée. Un tour de lasso plus tard, le tourbillon, revenu au même endroit, crée une nouvelle perturbation, qui s'éloigne, etc. Cette succession de perturbations n'est en fait rien d'autre qu'une vibration régulière de l'air, autrement dit un son : c'est là l'origine du sifflement. Il est produit par le tournoiement du tourbillon et exactement synchronisé avec lui. Voilà pourquoi le sifflement est d'autant plus aigu que l'on souffle fort. En effet, plus l'air arrive vite dans le flacon, plus le tourbillon tourne rapidement. Donc plus la vibration est rapide. Or un son aigu correspond précisément à une vibration rapide de l'air.

En principe, le flacon est superflu : il y aurait aussi un sifflement si on arrivait à produire facilement un tourbillon dans le tube du haut. Il faudrait pour cela le percer en bas et y mettre un tube très fin, ce qui ne donne pas de résultats très probants en pratique : on y arrive mieux dans le flacon, qui est plus large.

Matière à expériences

Recommencez l'expérience précédente avec un autre tube en haut, qui ait un plus grand diamètre. Par rapport au cas précédent, comment évolue la note que vous obtenez en soufflant le plus fort possible?

Vous avez remarqué un phénomène intrigant, dont vous ne connaissez pas la raison? Vous avez des remarques, des suggestions? Envoyez-les à jouer.physique@larecherche.fr

[1] B. Vonnegut, *J. Acoust. Soc. Am.*, 26, 18, 1954.

[2] R.C. Chanaud, *J. Acoust. Soc. Am.*, 36, 1018, 1964.